

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-27343

(43)公開日 平成6年(1994)2月4日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/24

7139-2K

G 0 2 B 6/ 24

審査請求 未請求 請求項の数3(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-178650

(22)出願日 平成4年(1992)7月6日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 山田 誠

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 清水 誠

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 埴 文明

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 精孝

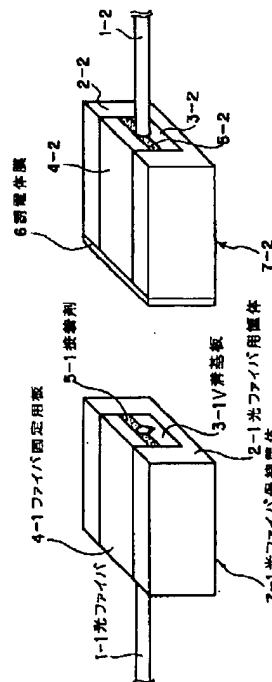
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ファイバ増幅器用光ファイバ接続部

(57)【要約】

【目的】 1.  $3\mu\text{m}$ 帯光増幅器を構成する場合に必要なPr添加フッ化物光ファイバと石英系光ファイバの接続部において、光増幅器の高利得特性化(30dB以上)のために必要不可欠な両者のフレネル反射に起因する反射率を低減する。

【構成】 コア部あるいはクラッド部にレーザ遷移準位を有する希土類元素を添加した非石英系光ファイバ1-1とそれに接続する石英系光ファイバ1-2の端部が筐体7-1、7-2に保持され、光軸が一致するように筐体同士を接続する接続部において、少なくとも一方の筐体の接続界面の全面或いはファイバ端面近傍に誘電体膜或いは誘電体多層膜6が存在し、かつ、互いの筐体を接着剤8を介在することにより接着した。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア部あるいはクラッド部にレーザ遷移単位を有する希土類元素を添加した非石英系光ファイバとそれに接続する石英系光ファイバの端部が筐体に保持され、光軸が一致するように筐体同士を接続する光ファイバ増幅器用光ファイバ接続部において、少なくとも一方の筐体の接続界面の全面或いはファイバ端面近傍に誘電体膜或いは誘電体多層膜が存在し、かつ、互いの筐体を接着剤を介在することにより接着したことを特徴とする光ファイバ増幅器用光ファイバ接続部。

【請求項2】 前記誘電体膜或いは誘電体多層膜として、接続後に反射防止膜として作用する誘電体膜或いは誘電体多層膜を用いることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ増幅器用光ファイバ接続部。

【請求項3】 前記希土類元素添加非石英系光ファイバと前記石英系光ファイバの両者の比屈折率差が各々2%以上であることを特徴とする請求項1又は2記載の光ファイバ増幅器用光ファイバ接続部。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信及び光計測の分野において必要となる光ファイバ増幅器で用いられる低損失、低反射特性を有する光ファイバの接続部に関するものである。

【0002】

【従来の技術】コア部あるいはクラッド部にレーザ遷移単位を有する希土類元素を添加した光ファイバは、光ファイバ増幅器用の光ファイバとして注目を集めている。信号波長1.5 $\mu$ m帯では、石英系光ファイバにEr元素を添加することにより、高効率、高出力パワー、偏波無依存特性、低雑音等に優れた光ファイバ増幅器が実現されている。一方、信号波長1.3 $\mu$ m帯では、Prを添加したフッ化物光ファイバが提案され、現在、同光ファイバ増幅器を実現に向け盛んに研究されている。

【0003】図7に1.3 $\mu$ m帯光ファイバ増幅器の基本構成を示す(従来技術1)。1-1はPr添加フッ化物光ファイバを示し、利得係数を上げるため比屈折率差 $\Delta$ が2%以上の高 $\Delta$ 光ファイバが用いられる。1-2は後に詳述する高 $\Delta$ 石英系光ファイバである。9はPr添加フッ化物光ファイバ1-1を励起する励起光源(励起波長は1.02 $\mu$ m)、10は励起光源9で発生した励起光と信号光を合波するための光ファイバカップラ、11は光増幅器の発振を抑えるためのファイバ型光アイソレータを示す。ファイバカップラ10、ファイバ型光アイソレータ11で使用される光ファイバは各々、石英系光ファイバであり、比屈折率差 $\Delta$ は、通常0.3%である。

【0004】高 $\Delta$ 石英系光ファイバ1-2は一端AがTEC(Thermally-Diffused Expanded Core; 熱拡散によ

2

るコア拡大技術)処理によりコアを拡大されたものであり、Pr添加フッ化物光ファイバ1-1とはほぼ同等の $\Delta$ 及びカットオフ波長を有し、光ファイバカップラ10とPr添加フッ化物光ファイバ1-1、及びファイバ型光アイソレータ11とPr添加フッ化物光ファイバ1-1の間に挿入し、光ファイバカップラ10とPr添加フッ化物光ファイバ1-1及びファイバ型光アイソレータ11とPr添加フッ化物光ファイバ1-1との結合効率を向上させるために使用される。

10 【0005】上記光増幅器を実際に作製する場合、各部品は、通常、低損失・低反射接続可能で信頼性に優れた融着或いは光コネクタ接続技術が用いられる。しかし、Pr添加フッ化物光ファイバ1-1と高 $\Delta$ 石英系光ファイバ1-2間の接続は、

(1) 両光ファイバの軟化温度の差(石英系光ファイバ $\sim$ 1400 $^{\circ}$ C、フッ化物光ファイバ $\sim$ 300 $^{\circ}$ C)により融着技術が適用できない。

20 【0006】(2) 高 $\Delta$ 光ファイバ同士の接続のため光コネクタ作製上の軸ずれによる挿入損失が大きくなり、光コネクタ接続技術が適用できない。

【0007】等の理由により有効な接続手段がなく、光ファイバ増幅器を作製する上で問題であった。

【0008】本問題を解決する方法として、従来は、図8及び9に示すように、各々の光ファイバ1-1或いは1-2を光ファイバ保持筐体7-1或いは7-2で保持し、互いに光軸が一致するように光ファイバ保持筐体7-1、7-2同士を調整後、図9に示すように接着剤8を用いて接続する従来技術2が有効であると考えられる(特願平3-195336)。光ファイバ1-1或いは1-2はV溝基板3-1、3-2により位置決めが行なわれ、接着剤5-1、5-2と光ファイバ固定用板4-1、4-2により光ファイバ用筐体2-1、2-2に固定される。本技術をPr添加フッ化物光ファイバ1-1と高 $\Delta$ 石英系光ファイバ1-2間の接続に用いることにより、低損失で耐環境性に優れた光接続が可能である。

【0009】

40 【発明が解決しようとする課題】しかし、本技術ではPr添加フッ化物光ファイバ1-1と高 $\Delta$ 石英系光ファイバ1-2間の接続時に生ずるフレネル反射を低減することに関して大きな問題がある。例えば、比屈折率3.7%、カットオフ波長1.0 $\mu$ m、コア屈折率1.56と比屈折率2.3%、カットオフ波長0.7 $\mu$ m、コア屈折率1.49の石英系光ファイバを接続する場合、フレネル反射率は-32.8dB(0.053%)である。従って、Pr添加フッ化物光ファイバを用いた光増幅器の利得の上限は、前記フレネル反射によって約30dBに制限される。

50 【0010】本発明は、かかる事情に鑑みなされたものであり、その目的は1.3 $\mu$ m帯光増幅器を構成する場合に必要なPr添加フッ化物光ファイバと石英系光ファ

イバの接続部において、光増幅器の高利得特性化(30 dB以上)のために必要不可欠な両者のフレネル反射に起因する反射率を低減することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の基本的構成を図1に示す。従来の構成と比べ最大の特徴は、光ファイバを保持した筐体の少なくとも一方の筐体の界面に、誘電体膜(誘電体多層膜を含む)が存在することにある。

【0012】以下に図1及び2を用いて本発明について説明する。7-1及び7-2は光ファイバ保持筐体を示し、Pr添加フッ化物光ファイバなどの非石英系光ファイバ1-1或いは石英系光ファイバ1-2、光ファイバ用筐体2-1、2-2、V溝基板3-1、3-2、光ファイバ固定用板4-1、4-2、及び接着剤5-1、5-2により構成される。一方の光ファイバ保持筐体の一方(7-2)の接続端面には誘電体膜6が付加してある。ただし、図では光ファイバ保持筐体7-2の接続端\*

$$n^2 = n_1 \cdot n_2$$

$$n \cdot t = \lambda / 4$$

ただし、 $\lambda$ は使用波長であり、Pr添加フッ化物光ファイバを用いた1.3  $\mu$ m用の光増幅器では $\lambda = 1.3 \mu$ mである。

#### 【0015】

【作用】本発明では従来構造に比べ、接続界面に屈折率を適切に選択した接着剤と誘電体膜を装加することにより、石英系光ファイバとPr添加フッ化物光ファイバなどの非石英系光ファイバの接続部分のフレネル反射率が低減し高利得特性を有する光増幅器が実現できる。

#### 【0016】

【実施例】以下に図面を参照し本発明をより具体的に詳述するが、以下に開示する実施例は本発明の単なる例示に過ぎず、本発明の範囲を何等限定するものではない。

【0017】図1及び図2を参照して本発明の実施例1を説明する。1-1はPrを500ppm添加したZrF4系のフッ化物光ファイバであり、比屈折率3.7%、カットオフ波長1.0  $\mu$ m、コア屈折率1.56である。1-2は高 $\Delta$ 石英系光ファイバであり、比屈折率2.3%、カットオフ波長0.7  $\mu$ m、コア屈折率1.49である。2-1、2-2は光ファイバ用筐体、3-1、3-2はV溝基板、4-1、4-2は光ファイバ固定用板であり、材質はガラスである。5-1、5-2は紫外線硬化接着剤である。7-1、7-2は1-1、2-1、3-1、4-1、5-1或いは1-2、2-2、3-2、4-2、5-2の部品から構成される光ファイバ保持筐体を示す。光ファイバ保持筐体7-2の接続端面は誘電体膜6としてSiOとSiO<sub>2</sub>との混合(以下、SiO<sub>x</sub>膜)を蒸着法を用いて作製した。蒸着膜6は式(1)及び(2)から膜厚は2138Å、屈折率は1.52とした。膜厚は膜厚モニタにより調整した。一方、図3に示すようにSiO<sub>x</sub>膜の屈折率は蒸着中の酸素分※50

\*面に誘電体膜6が付加してあるが光ファイバ保持筐体7-1の方でも、また両者の接続端面でもよい。さらに、接続部全面に誘電体膜6が付加してあるが、光ファイバ端面近傍のみでもよい。光ファイバ保持筐体7-1及び7-2は互いに光軸が一致するように筐体同士を調整後、図2に示すように紫外線硬化或いは熱硬化接着剤8を用いて互に接続する。

【0013】上記接続において反射率を低減するためには接着剤8の屈折率と誘電体膜6の特性を精密に調整する。光ファイバ1-1の等価屈折率を $n_1$ 、光ファイバ1-2の等価屈折率を $n_2$ とする場合、接着剤8の屈折率は $n_1$ に調整する。また、誘電体膜6は屈折率 $n_1$ と $n_2$ の境界面で無反射特性を有するように作製する。例えば誘電体膜6として1層膜を使用し無反射特性を実現する場合、その膜の屈折率 $n$ 及び膜厚 $t$ は以下の条件を満足しなければならない。

#### 【0014】

$$(1)$$

$$(2)$$

20※圧により調整できるため、酸素分圧を $9 \times 10^{-5}$  Torrに設定し、屈折率1.52のSiO<sub>x</sub>膜を形成した。

【0018】光ファイバ保持筐体7-1及び7-2は互いに光軸が一致するように筐体同士を調整後、図2に示すように紫外線硬化接着剤8を用いて接続した。紫外線硬化接着剤8の屈折率は1.56(波長1.3  $\mu$ m)である。

【0019】本接続部の反射率を反射減衰量測定器を用いて測定したところ、-42dBであった。誘電体膜(この場合はSiO<sub>x</sub>膜)を付加しない場合の反射率-32.8dBに比べ約10dBの特性改善が図れた。

【0020】さらに、図4に示すように、本発明の接続部を有する1.3  $\mu$ m帯光ファイバ増幅器を構成した。9はPr添加フッ化物光ファイバ1-1を励起する励起光源(励起波長は1.02  $\mu$ m、Tiサファイヤレーザ使用)、10は励起光源9で発生した励起光と信号光を合波するための光ファイバカップラ、11は光増幅器の発振を抑えるためのファイバ型光アイソレータを示す。光ファイバカップラ10、ファイバ型光アイソレータ11で使用される光ファイバは各々、石英系光ファイバであり、比屈折率差 $\Delta$ は、通常0.3%である。

【0021】高 $\Delta$ 石英系光ファイバ1-2の光ファイバカップラ10と接続される一端及びファイバ型光アイソレータ11と接続する一端はTEC処理によりコアを拡大され、光ファイバカップラ10とPr添加フッ化物光ファイバ1-1、及びファイバ型光アイソレータ10とPr添加フッ化物光ファイバ1-1の間の結合効率を向上させるために使用した。

【0022】図5に増幅特性を示す。信号利得35dB以上の特性を有する光増幅器が構成された。従って本発明の接続部を用いることにより高利得な光増幅器を構成

5

できることが判明した。

【0023】実施例1は光ファイバ保持筐体7-2の接続端面の全面に誘電体膜（この場合はSiO<sub>x</sub>膜）6を蒸着した。しかし、実施例1の接続部をヒートサイクル試験（-30～80℃）した場合、接続部における剥離が起こるケースがあった。従って、実施例2では光ファイバ保持筐体同士の接続強度を考慮し、図6に示すように高Δ石英系光ファイバ1-2の端面近傍のみに誘電体膜（この場合はSiO<sub>x</sub>膜）6'を蒸着した（膜厚、屈折率は実施例1と同じ）。ファイバ端面近傍のみに誘電体膜（SiO<sub>x</sub>膜）6'を付加した光ファイバ保持筐体7-2'を用いて実施例1と同様の接続を行ない実施例1と同じ反射減衰量（-42dB）を得た。また、増幅実験においても実施例1と同様信号利得30dB以上の特性を有する光増幅器が構成された。

【0024】さらに本接続部のヒートサイクル試験（-30～80℃）を行っても接続部の剥離は観測されず、信頼性の高い接続部が構成できた。

【0025】以上の実施例では、非石英系光ファイバとしてZrF<sub>4</sub>系のフッ化物光ファイバを用いたが、他のフッ化物光ファイバ、例えばInF<sub>3</sub>系、ZnF<sub>2</sub>系、AlF<sub>3</sub>系ガラス等（泉谷徹郎監修、“新しいガラスとその物性”第16章 経営システム研究所発行、1984年、またはTomozawa and Doremus編 Treatise on materials science and technology vol. 26、第4章 Academic Press, Inc. 1985等を参照）のガラスを用いたフッ化物光ファイバ、またはフッ化物ガラス以外にThCl<sub>4</sub>-PbCl<sub>2</sub>-NaCl系の塩化物ガラス、AgBr-PbBr<sub>2</sub>-CsBr-CdBr<sub>2</sub>系の臭化物ガラス、CdF<sub>2</sub>-BaCl<sub>2</sub>-NaCl系のフッ化-塩化物ガラス、ZnBr<sub>2</sub>-TlBr-TlI系の臭化-ヨウ化物ガラス（“ニューガラスハンドブック”、ニューガラスハンドブック編集委員会編、丸善株式会社、1991年参照）またGe-S系、As-S系、Ge-P-S系、As-Ge-S系カルコゲナイドガラス等のガラスからなる非石英系光ファイバ、さらに磷酸ガラス、弗磷酸ガラス、Al-硅酸系多成分ガラス光ファイバを用いてもよい。また光ファイバ保持筐体を接続するために紫外線硬化接着剤を用いたが、熱硬化接着剤を使用

6

してもよい、ファイバ筐体の材質もガラスだけでなく金属等を用いてもよい。さらに誘電体多層膜としてSiO<sub>x</sub>の1層膜を用いたがMgF<sub>2</sub>、MgO<sub>2</sub>等の他の誘電体材料を使用すると共にそれら材料の多層構造にしても当然よい。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば石英系光ファイバと非石英系光ファイバの各々を光ファイバ保持筐体で保持し、両者を光軸が一致するように筐体同士を調整後、接着剤を用いて接続する接続部において、少なくとも一方の筐体の接続界面に誘電体膜又は（誘電体多層膜）を付加し、接着剤の屈折率と誘電体膜の特性を反射防止特性を有するように精密に調整したため、接続部における反射特性が誘電体膜の無い場合に比べ向上する。このため本発明の接続部を1.3μm帯光ファイバ増幅器に適用することにより高利得特性を有する光増幅器を構成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1を説明する図

【図2】本発明の実施例1を説明する図

【図3】SiO<sub>x</sub>膜の屈折率変化を示す図

【図4】本発明を用いた光ファイバ増幅器の説明図

【図5】図4の光ファイバ増幅器の増幅特性を説明する図

【図6】本発明の実施例2を説明する図

【図7】従来技術1を説明する図

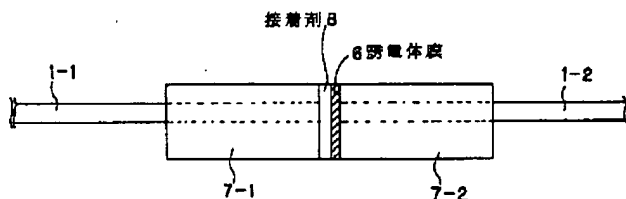
【図8】従来技術2を説明する図

【図9】従来技術2を説明する図

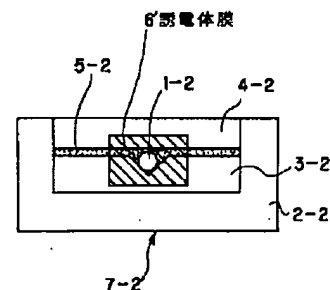
【符号の説明】

1-1…Pr添加フッ化物光ファイバなどの非石英系光ファイバ、1-2…石英系光ファイバ、2-1、2-2…光ファイバ用筐体、3-1、3-2…V溝基板、4-1、4-2…光ファイバ固定用板、5-1、5-2…接着剤、6…誘電体膜、7-1、7-2…光ファイバ保持筐体、8…光ファイバ保持筐体同士を接続する接着剤、9…励起光源、10…光ファイバカップラ、11…ファイバ型アイソレータ。

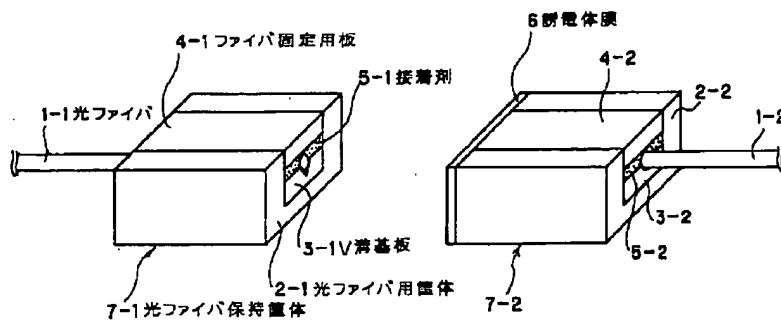
【図2】



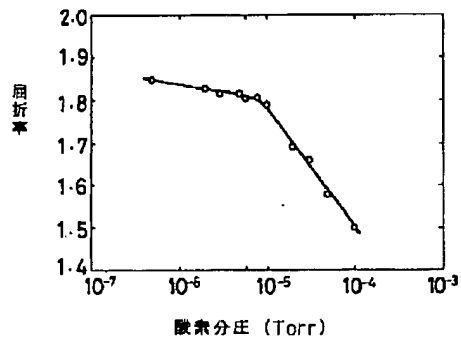
【図6】



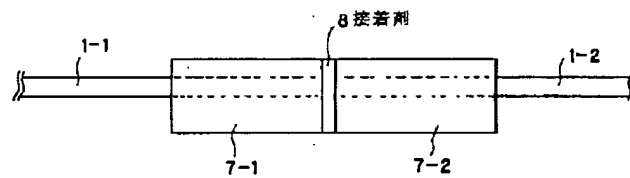
【図1】



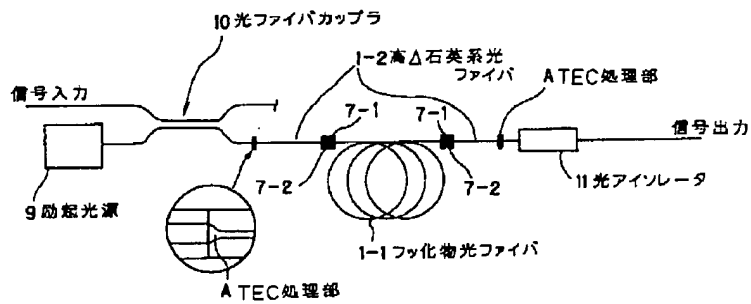
【図3】



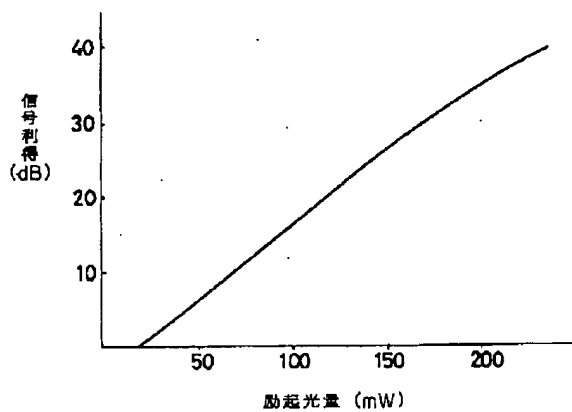
【図9】



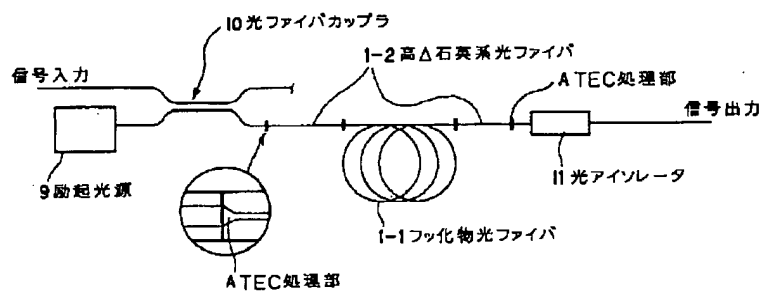
【図4】



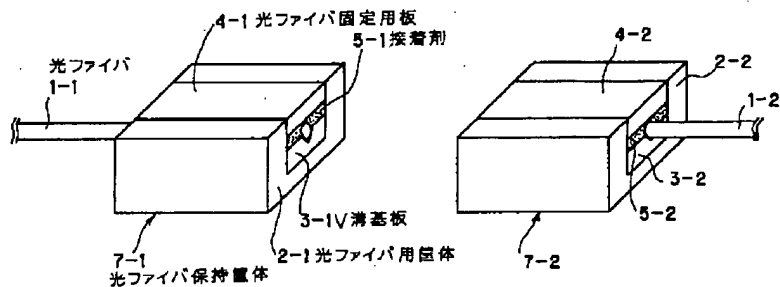
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 大石 泰丈  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 須藤 昭一  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

PAT-NO: JP406027343A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06027343 A  
TITLE: OPTICAL FIBER JUNCTURE FOR OPTICAL FIBER AMPLIFIER  
PUBN-DATE: February 4, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
YAMADA, MAKOTO  
SHIMIZU, MAKOTO  
HANAWA, FUMIAKI  
OISHI, YASUTAKE  
SUDO, SHOICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>	N/A

APPL-NO: JP04178650  
APPL-DATE: July 6, 1992

INT-CL (IPC): G02B006/24

ABSTRACT:

PURPOSE: To lower the reflectivity occurring in the Fresnel reflection of a Pr- added fluoride optical fiber and quartz optical fiber indispensable for the higher gain characteristic of an optical amplifier in the juncture of these two fibers necessary in the case of constitution of the optical amplifier of a specific wavelength band.

CONSTITUTION: This juncture is formed by holding the ends of the non-quartz optical fiber 1-1 added with a rare earth element having a laser transition level in the core part or clad part and the quartz optical fiber 1-2 connected thereto in housings 7-1, 7-2 and connecting the housings to each other in such a manner that the optical axes thereof are aligned to each other. Dielectric substance films or multilayered dielectric substance films 6 exist over the entire surface at the connection boundary of at least one housing or near the end faces of the fibers and the housings are adhered to each other by interposing an adhesive therebetween.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio